

ダストと排ガス成分の同時連続計測技術の評価

川崎 剛洋¹, 柳瀬 育彦², 朝日 一平³

¹テクノ・サクセス (〒761-0113 香川県高松市屋島西町 2109 番地 8)

²エナジーサポート (〒484-8505 愛知県犬山市字上小針 1 番地)

³四国総合研究所 (〒761-0192 香川県高松市屋島西町 2109 番地 8)

Evaluation of simultaneous continuous measurement technique of Dust and Exhaust gas components

Takehiro KAWASAKI¹, Yasuhiko YANASE², and Ippei ASAHI³

¹ Techno Success, 2109-8 Yashima Nishi Machi, Takamatsu, Kagawa 761-0192

² Energy Support, 1 Kamikobari, Inuyama, Aichi, 484-8505

³ Shikoku Research Institute, 2109-8 Yashima Nishi Machi, Takamatsu, Kagawa 761-0192

Abstract: We investigated simultaneous continuous measurement of dust and exhaust gas in flue gas using a single measurement system. The dust concentration is measured by acquiring elastic scattering observed when the laser is irradiated, and the gas concentration is measured by acquiring Raman scattering that is inelastic scattering. In the evaluation, the contributory portion of the scattering of dust that overlaps the Raman scattering intensity of the gas was specified and corrected to confirm the detection of CH₄ with a concentration of 0.3%. On the other hand, the linearity was reduced in the measurement assuming the increase of dust amount and the decrease of gas concentration.

Key Words: Dust, Exhaust gas, Raman spectroscopy, Optical scattering, Elastic scattering

1. 序論

大気汚染防止法ではばい煙発生施設に対する規制措置としてばい煙量（硫黄酸化物，ダスト，窒素酸化物等の有害物質）の排出基準が設けられており，それらの施設を保有する事業所は排出基準の遵守，ならびに排出量の定期的な測定と記録が義務づけられている¹．排出量の測定には，規制対象物質ごとに個別に採取分析する方法の他に，連続計測を目的とした自動計測器が用いられる．

ダストの計測を対象とした自動計測器には，相対濃度を連続的に求める光散乱式，光透過式，摩擦静電気検出式が JIS Z 8852 に制定されている．一方で規制対象物質のなかでもガス成分を対象とした自動計測器の多くは，排ガス中より試料ガスを吸引し，前処理としてダストおよび水分の除去を行った後，分析計へと供給し計測を行う試料ガス吸引採取方式が主流となっている²．そのため，ダストと規制対象となる排ガス成分とが共存する施設において排出量の管理を行う場合，それぞれ別々の計測システムの導入が必要となる．

そこで本研究では，単一の計測システムを用いたダストと排ガス成分の同時連続計測を目的とし，排ガス中にレーザ光を照射した際に得られるダスト粒子による散乱光からダスト濃度，ガス分子によるラマン散乱光からガス濃度の計測を行う計測システムを構築し，適用性の評価を実施した．評価の結果，ガス濃度を示すラマン散乱光強度はダストの散乱光成分が重なり，本来の信号強度よりも大きくなることから，このダストの寄与分を特定し，補正することでガス濃度のみの検出が可能であることを確認した．発表ではガス濃度計測結果事例について報告する．

2. ダストと排ガス成分の同時計測評価

2.1 実験装置構成

ダストの定量供給を可能とする試験風洞を構築し計測評価を実施した．試験風洞の構成は，フィーダーの回転速度によりダスト送り量を変動させ供給を行う粒子発生器，ダストならびに試料ガスを流入させる模擬煙道（内径 φ40.8mm），計測用の開口部を設けた計測セル（開口径 φ38mm），試料採取法に基づきダスト重量濃度の計測を行うダスト採取用セル，煙道内の流れを形成するヒュームフードからなる．計測では模擬煙道途中に設けた計測セル内に励起光を照射，弾性散乱光の取得により，その信号強度と相関関係にあるダスト濃度を計測し，非弾性散乱であるラマン散乱光の取得により，その信号強度と比例関係にあるガス濃度を計測する．実験装置計測部の構成を Fig.1 に示す．

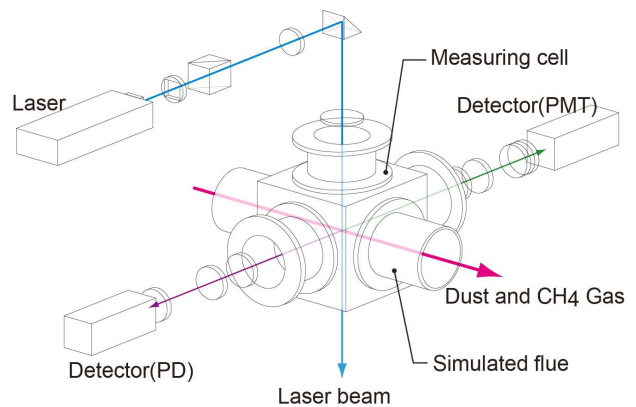


Fig.1. Experimental setup

試料ガスには CH₄ (ラマン散乱波長 397.6nm), ダスト試料には JIS 試験用粉体 1-10 種 フライアッシュを使用した。実験ではダストを一定量供給しながら流量制御により試料ガス濃度を変動させ計測を行った。

実験では励起光源として DPSS レーザ (波長 355nm, パルスエネルギー 42μJ, パルス幅 1.3ns, 発振周波数 1kHz) を使用し, 2 種の散乱光を 2 つの検出器で同時且つ同一点で計測する受光光学系を構築した。ダスト粒子による散乱光はバンドパスフィルタ (CW 355nm, FWHM 10nm) にて波長 355nm の散乱光を選択した後, フォトダイオード (PD) にて散乱信号を検出した。CH₄ のラマン散乱信号はエッジフィルタ (OD>6 at 355nm), バンドパスフィルタ (CW 395.5nm, FWHM 2nm) にて目的の波長を選択した後, 光電子増倍管 (PMT) にて検出した。

2.2 計測評価結果

Fig.2 はダストのみを供給した際にそれぞれの検出器で得られた信号の相関確認結果である。ダストと排ガス成分の同時計測の際には, Fig.2 の結果よりガス成分のラマン散乱信号に重なるダストの散乱光成分を特定し, 差分をとることで補正を行い, 試料ガス濃度を特定する。

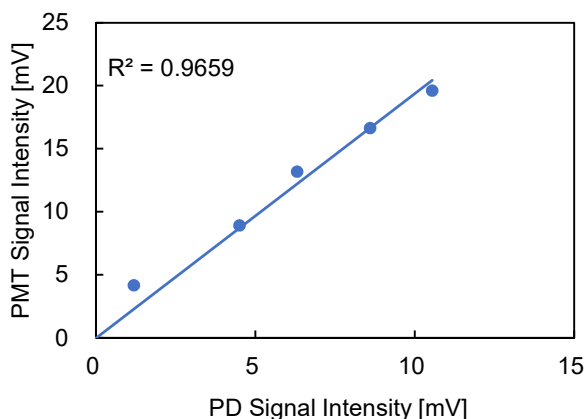


Fig.2. Correlation verification result of dust scattering components

ダストとガス成分の同時計測結果を Fig.3 に示す。試料採取法に基づき供給ダスト量を計測した結果, 約 38.2mg/m³ となった。このダスト量から得られた PD の信号から PMT で取得した信号を補正した結果, 濃度 0.3% の CH₄ を検出, ラマン散乱信号強度の補正結果とガス濃度が良好な線形の相関を示すことを確認した。

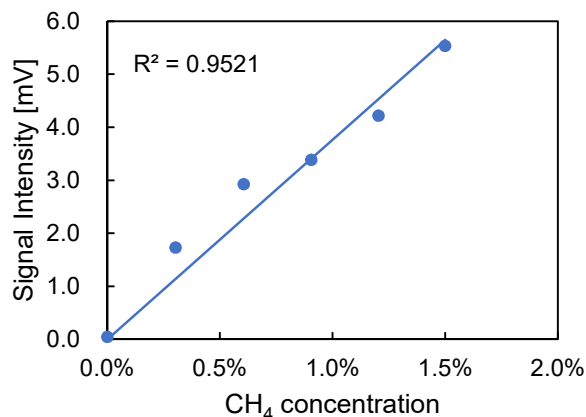


Fig.3. Results of CH₄ gas measurement corrected by dust influence

計測評価では供給ダスト量を増加 (約 93.4mg/m³) させた条件, ならびに CH₄ 濃度 0.3% 以下の条件での計測も実施した。前者の結果, 線形の相関が崩れガス濃度の特定が困難となった。後者の結果では, 線形の相関は確認できるものの, 相関係数が低くなる結果となった。この結果に関しては, ダスト量増加にともないダスト粒子の遮光によるラマン散乱光減衰量の増加や, 検出器を対向させた装置構成としたことによる観測領域の様相の違いが要因として考えられる。

3. まとめ

ダストと排ガス成分を単一の計測システムで同時に連続計測する技術の評価として, ダストの定量供給を可能とする試験風洞を構築し, ダストの弾性散乱, ガスのラマン散乱の 2 種の散乱光を 2 つの検出器で同時且つ同一点で計測する受光光学系にて計測評価を実施した。計測ではガスのラマン散乱光強度に重なるダストの散乱光の寄与分を特定し, 補正することで濃度 0.3% の CH₄ の検出を確認した。

一方で, ダスト量の増加や低濃度ガスを想定した計測では, 線形性が低下する結果となった。

今後は, ダスト粒子による減衰量の把握および補正方法の検討, もしくはダスト粒子の影響を低減する光学配置を検討するとともに, 観測領域の差異低減のため, 同光路で散乱光を受光する受光光学系の構築を目標とし, 計測評価を実施する。

参考文献

- 1) 氷見 康二:「実用ばいじん測定」, 第 1 版, 社団法人日本熱エネルギー技術協会, pp.1-12 (1974)
- 2) 日本規格協会: JIS ハンドブック 2018 52-1 環境測定 I-1 大気, (2018)